

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**ESTRUCTURA DE LA PASTURA, SELECTIVIDAD Y CONDUCTA DE
VACAS LECHERAS EN PASTOREO DE PASTURAS MEZCLAS
SOMETIDAS A CAMBIOS EN LA INTENSIDAD DE PASTOREO**

por

**Juan Pablo ASUAGA FUENTES
Diego Javier PINTADO PESCE**

**TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2011**

Tesis aprobada por

Director: -----
Ing. Agr. Pablo Soca

Ing. Agr. Ana Faber

Ing. Agr. Pablo Chilbroste

Ing. Agr. Santiago Scarlato

Fecha: 21 de diciembre de 2011

Autor: -----
Juan Pablo Asuaga Fuentes

Diego Pintado Pesce

AGRADECIMIENTOS

Le agradecemos especialmente a Ana Faber, que nos acompañó y apoyó durante todo el proceso de elaboración del trabajo, tanto en el trabajo de campo como en la redacción. Fue siempre buena compañía y de gran ayuda siempre que se la pidió.

A nuestro tutor, Pablo Soca, por su buena disposición frente a nuestras constantes dudas y su guía que fue de gran ayuda en la interpretación de los datos y estudio de la materia.

Al personal de biblioteca de la Facultad de Agronomía por su siempre pronta ayuda y colaboración. A Sully Toledo, por su veloz ayuda en la corrección de las formalidades del trabajo que permitieron su presentación en tiempo y forma.

A nuestra familia, por el soporte constante durante todos los años de estudio, sin su ayuda esto no se habría podido lograr. A Victoria por el apoyo incondicional.

A todos los profesores que nos marcaron en los 5 años de carrera y a todos los amigos que hemos hecho.

A todos muchas gracias.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	4
2.1 CONDUCTA ANIMAL EN RESPUESTA A CAMBIOS EN LA HETEROGENEIDAD DE LA PASTURAS	4
2.1.1 <u>Orden jerárquico de decisiones animales</u>	5
2.2 LA FORMACION DE PARCHES BAJO PASTOREO Y SU RELACION CON LA SELECTIVIDAD Y ESTRATEGIA DE PASTOREO DE VACUNOS.....	8
2.3 ESTRUCTURA DE LA PASTURA Y SU RELACION CON LA SELECTIVIDAD.....	10
2.3.1 <u>Intensidad de pastoreo</u>	12
2.3.2 <u>Heterogeneidad de la pastura</u>	13
2.4 ESTRUCTURA DE LA PASTURA Y SU RELACIÓN CON EL MANEJO DEL PASTOREO.....	15
2.4.1 <u>Efecto de la heterogeneidad de la pastura sobre la selectividad animal</u>	16
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	18
3.1 LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL.....	18
3.2 CLIMA	18
3.3 PASTURA	18
3.4 ANIMALES	19
3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS.....	19
3.6 CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO.....	20
3.7 DETERMINACIONES.....	21
3.7.1 <u>Altura del forraje disponible</u>	21
3.7.2 <u>Estructura de cada tipo de parche de pastoreo</u>	21
3.7.3 <u>Dinámica de defoliación</u>	21
3.7.4 <u>Tiempo de pastoreo</u>	22
3.7.5 <u>Selectividad</u>	22
3.8. MODELOS Y ANÁLISIS ESTADISTICOS.....	22
3.8.1 <u>Evolución de la pastura</u>	22
3.8.2 <u>Estructura de parches</u>	23
3.8.3 <u>Tiempo de pastoreo</u>	24
3.8.4 <u>Índice de selección por parches</u>	25
4. <u>RESULTADOS</u>	26

4.1 EVOLUCIÓN DE LOS PARCHES Y SU COMPOSICIÓN.....	26
4.2 ESTRUCTURA DE LOS PARCHES	29
4.3 CONDUCTA ANIMAL: INDICE DE SELECCIÓN Y TIEMPO DE PASTOREO.....	31
4.3.1 <u>Tiempo de pastoreo</u>	32
4.3.2 <u>Índices de selectividad</u>	33
5. <u>DISCUSIÓN</u>	35
6. <u>CONCLUSIONES</u>	41
7. <u>RESUMEN</u>	42
8. <u>SUMMARY</u>	43
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	44

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Temperatura, humedad y precipitaciones promedios, máximas y mínimas durante el período experimental.....	18
2. Nivel y tipo de fertilizante empleado en la pastura previo y durante el período experimental.....	19
3. Efecto del tratamiento, tipo de parche y día de ocupación de la parcela sobre la estructura horizontal, altura y evolución de especies presentes en la pastura.....	26
4. Efecto del tratamiento sobre el porcentaje de parches altos y bajos (Medias de mínimos cuadrados \pm error estándar).....	28
5. Efecto del tratamiento sobre la altura de los parches. (Medias de mínimos cuadrados \pm error estándar).....	28
6. Efecto de tratamiento, parche y de la interacción de tratamiento por parche sobre la estructura vertical y el porcentaje de especies de la pastura.....	30
7. Efecto del tipo de parche sobre la estructura vertical de la pastura (Medias de mínimos cuadrados \pm error estándar).....	31
8. Efecto del tratamiento, parche y turno sobre el tiempo de pastoreo e índice de selectividad.....	32
9. Efecto del día de pastoreo, tratamiento y tipo de parches sobre el porcentaje de suelo descubierto.....	38
Figura No.	
1. Orden jerárquico de los procesos de selección de la dieta animal (Stuth, 1991).....	6
2. Decisiones animales dentro de una estación de pastoreo.....	7
3. Foto que ejemplifica el diseño y la ubicación en el espacio de las parcelas experimentales.....	20
4. Evolución del porcentaje de parches altos y bajos según día de ocupación de la parcela (Medias de mínimos cuadrados \pm error estándar).....	27
5. Evolución de la altura de forraje durante el período de ocupación de las parcelas (medias de mínimos cuadrados \pm error estándar).....	29
6. Efecto del tratamientos y tipo de parche sobre el tiempo de pastoreo de vacas lecheras (Medias de mínimos cuadrados \pm error estándar).....	32

7. Efecto del tratamiento y tipo de parche sobre el índice de selectividad
(Medías de mínimos cuadrados \pm error
estándar)..... 33

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas lecheros en Uruguay han basado la alimentación de los animales en el pastoreo directo. El incremento de la producción de leche por hectárea ha sido propuesto en base a el empleo de vacas lecheras de alto potencial genético, aumentos en la carga animal, empleo de verdeos y praderas de corta duración, reservas de forraje y concentrados (Duran, 2004).

Por otra parte, el área de praderas plurianuales se ha reducido en los últimos siete años en una proporción aproximada de un tercio (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2010). Una de las principales causas de la reducida persistencia lo constituye la elevada intensidad de pastoreo. Las mejoras conjuntas en la producción y utilización del forraje constituye un paso prioritario en la intensificación de sistemas lecheros, con el objetivo de mejorar el resultado físico-económico predial (Soca y Chilibroste, 2004). En este marco, el aumento de la persistencia de las pasturas mediante el empleo de especies perennes como *Festuca arundinacea* llevaría también a un mejor resultado económico y reducir la vulnerabilidad frente a la variabilidad climática.

Durante primavera se produce entre el 50-70% de la producción anual de forraje y por lo tanto la correcta utilización de este recurso es muy importante ya que tendrá un impacto muy grande en la producción anual de leche (Chilibroste et al., 2002).

El principal factor que determina la performance de los rumiantes en condiciones de pastoreo es el consumo diario de forraje. La cantidad de forraje, y/o altura explica un porcentaje importante de la cantidad de forraje consumido, no obstante el consumo depende de la estructura de la pastura, altura, densidad y concentración de nutrientes (Wade y Agnusdei, 2001).

En el manejo de la cantidad de forraje asignada a las vacas lecheras es conveniente trabajar con alturas y/o cantidades de materia seca. No obstante, en Uruguay generalmente se trabaja con la carga animal como indicador de la capacidad productiva de un potrero y de la asignación de forraje.

En ambientes donde la tasa de crecimiento varía entre estaciones, las relaciones kilos de forraje/kilos de peso vivo animal explican que la oferta de forraje resulte variable a lo largo del año. Esto justifica que sería más adecuado trabajar con la asignación de forraje, medida que considera tanto los kilos de peso vivo animal como a la pastura. La altura de forraje remanente (pastoreo

rotativo) o del forraje (pastoreo continuo) resulta en un buen estimador de la oferta de forraje asignado por animal. Con excepción de los experimentos reportados en la EEMAC no han sido documentados experimentos que estudien la influencia de la altura de la pastura sobre el consumo, conducta en pastoreo, selectividad y producción de leche en pasturas mezcla.

Los atributos de la pastura afectan el consumo de forraje y gasto de energía en pastoreo a través de la relación entre la estructura de la pastura, selectividad y proceso de ingestión de forraje a diversas escalas de tiempo y espacio. La heterogeneidad de las pasturas, es creada y mantenida por los animales que las pastorean selectivamente, con pastoreos más frecuentes de los sitios de pastoreo. El modelo de pastoreo animal determina la generación de áreas que difieren en calidad y cantidad de forraje denominados parches de pastoreo que difieren además en estructura y tasa de crecimiento (Laca, 2009). Sin embargo, existen escasos antecedentes internacionales y nacionales que cuantifiquen la utilización de parches individuales en términos de consumo de forraje y características de los mismos. En respuesta a esta heterogeneidad, los vacunos recolectan información acerca de su ambiente y la emplean en el pastoreo para hacerlo eficientemente (Stuth, 1991).

El objetivo general del trabajo fue estudiar el patrón de pastoreo, selectividad y dinámica de defoliación de vacas lecheras en pasturas mezcla sometidas a cambios en la intensidad de pastoreo o altura de forraje remanente.

Objetivos específicos:

- Caracterizar los tipos de sitios de pastoreo altos y bajos que se encuentran presentes en cada intensidad de pastoreo o altura de forraje.
- Evaluar la evolución de los atributos de la pastura como porcentaje de suelo desnudo y área cubierta por festuca y trébol blanco frente a cambios en la intensidad de pastoreo.
- Relacionar la intensidad de pastoreo con los atributos de la pastura como la estructura de cada tipo de parche de pastoreo: macollos por metro cuadrado, relación lámina/vaina, relación entre especies.
- Evaluar los cambios que se producen en el comportamiento de las vacas en las diferentes intensidades de pastoreo.
- Evaluar la selectividad de vacas lecheras, a través de la relación entre el tipo de parche seleccionado y la cantidad de parches presentes en la pastura, a partir del comportamiento animal en las diferentes intensidades de pastoreo en relación con la duración de la primera sesión de pastoreo post ordeño.

Hipótesis general: Existe variación en el comportamiento animal que se expresa en cambios en la selectividad por los diferentes parches a través del tiempo de pastoreo, según la estructura horizontal de la pastura que determinan las diferentes intensidades de pastoreo.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONDUCTA ANIMAL EN RESPUESTA A CAMBIOS EN LA HETEROGENEIDAD DE LAS PASTURAS

La utilización eficiente de la pastura por el ganado requiere de un entendimiento acerca de la preferencia y selección de los animales en pastoreo. La influencia del pastoreo selectivo es importante en el corto plazo, en relación a la calidad de la dieta consumida, y en el largo plazo por el feedback con la composición botánica de la pastura (Hodgson e Illius, 1996). La selectividad es la remoción por animales de algunos componentes de las pasturas como plantas o partes de estas por sobre otras, cuando la probabilidad de pastoreo de ellos es modificada por variables ambientales y estructurales de la pastura (Hodgson, 1979). Por otro lado, la preferencia es la discriminación que muestran los animales entre tipos de pasturas o entre los componentes de una pastura cuando estos tienen la misma probabilidad de ser pastoreados. La preferencia se determina al ofrecer en similares condiciones dos tipos de forrajes diferentes y comparar su consumo, la selectividad en cambio puede entenderse como la decisión de pastoreo en parches alternativos donde la accesibilidad a las diferentes opciones forrajeras no es la misma (Utsumi et al., 2009)

Los animales explotan la heterogeneidad de los recursos forrajeros mediante el pastoreo selectivo, lo cual, se asocia con una dieta de mejor concentración de nutrientes que el promedio de la vegetación ofrecida (Prache et al., 1997). Han sido documentados experimentos y modelos que analizan las ventajas y desventajas de la selectividad con las cuales vacas lecheras pastorean pasturas mixtas de leguminosas y gramíneas.

Para ovinos se reportó un patrón diurno en la preferencia hacia el trébol blanco que declinaba con el correr del día, con un retorno a un alto contenido de trébol en la mañana siguiente (Parsons et al., 1994). Rutter et al. (2004) reportaron resultados similares con vaquillonas aunque los efectos fueron menos marcados que con ovejas.

En vacas lecheras se encontró una diferencia del 74% por el trébol blanco, y un marcado patrón de preferencia diurna que se manifestó en mayor tiempo de pastoreo dedicado al ryegrass perenne en la tarde vs. la mañana.

Por efectos de preferencia se puede obtener en dietas con un 25% de oferta de trébol blanco, una proporción de 63% de consumo real en la dieta para vacas de tambo. Esto significa que estas vacas no estaban pastoreando aleatoriamente sino que presentaron una marcada selección por el trébol blanco frente a la gramínea (ryegrass perenne en este caso). Pero esta preferencia es parcial, dado que nunca el contenido de trébol total en su dieta llegó a ser del 100% a pesar de que les hubiera sido muy fácil dado que algunas pruebas presentaban un 75% de oferta de la leguminosa (Rutter et al., 2004).

Los animales elijen mezclar dietas a pesar de que su consumo podría ser máximo si esta fuera completamente conformada por el trébol. Esto es debido a que el consumo de una dieta mono especifica (en este caso de trébol blanco solamente) produciría cambios en la flora ruminal, que la harían menos eficiente para la digestión de gramíneas, siendo esta una desventaja comparativa frente a los animales que si digieren gramíneas, lo que los dejaría en problemas si necesitaran volver a consumirlas en su dieta (Rutter et al., 2004).

El entender las dinámicas espaciales y temporales del proceso de pastoreo en este ambiente complejo es clave para mejorar la producción animal y eficiencia de uso de la energía (Stuth, 1991).

A nivel de paisaje, la selección de las diferentes unidades se correlacionó con la abundancia de especies preferidas por su calidad y disponibilidad (Stuth, 1991). El pastoreo y selección del sitio es un proceso complejo y dinámico que involucra un intercambio de información entre los requerimientos de nutrientes, la distancia al agua y al riesgo frente a predadores entre otros factores (O'Reagain y Schwartz, 1995).

2.1.1 Orden jerárquico de decisiones animales

La comprensión de la relación planta-animal pasa por analizar y entender la conducta de los rumiantes a pastoreo (Crawley, 1983). Cuando un animal pastorea una planta se reportan una jerarquía de reacciones instintivas y de comportamiento social que confluyen en una decisión de donde, como y que consumir (figura 1) (Stuth, 1991).

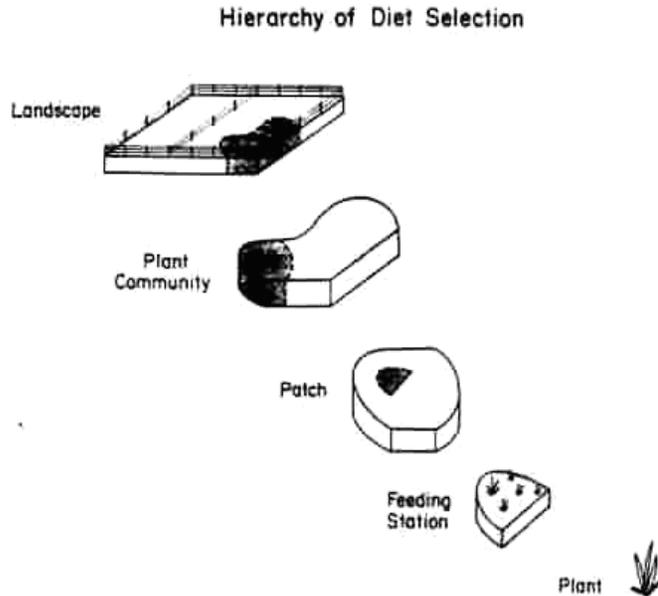


Figura 1. Orden jerárquico de los procesos de selección de la dieta animal (Stuth, 1991).

Cada unidad de paisaje está compuesta por diferentes y complejos hábitats o distintos grupos de especies de plantas en comunidad (Stuth, 1991). Los diferentes hábitats son delimitados por las especies presentes, su arreglo espacial y estructura, y pueden ser divididos en parches de composición más homogénea (Stuth, 1991).

Cuando un animal se orienta hacia un hábitat y decidió bajar la cabeza, estableció una estación de pastoreo para comenzar su consumo en un parche de pastoreo. Dentro de la estación de pastoreo el animal debe decidir entre la diferentes especies cuales va a consumir y qué partes de estas plantas son las que prefiere (figura 2). Es por esto, que el proceso de pastoreo tiene dos niveles que pueden ser distinguidos, las decisiones entre especies y las espaciales (Stuth, 1991).

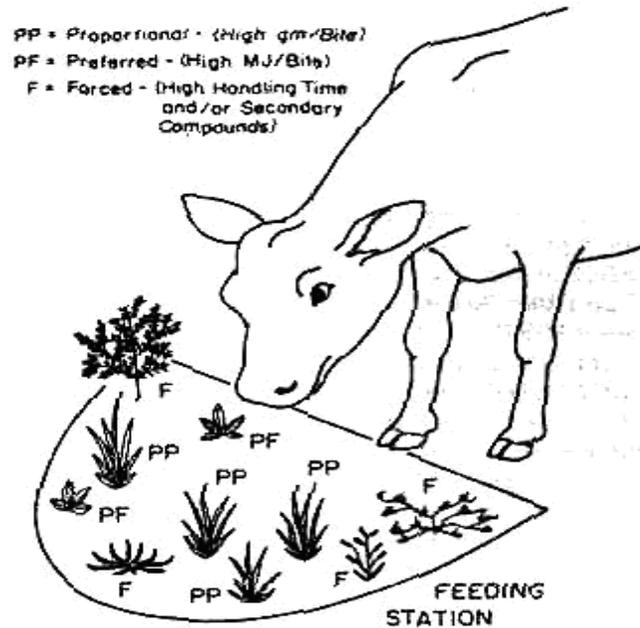


Figura 2. Decisiones animales dentro de una estación de pastoreo.

Los animales se enfrentan a una fase de elección de plantas a nivel de estación alimenticia, la cual ofrece diferentes tasas de consumo instantáneas, densidad de nutrientes y compuestos secundarios (Dumont y Gordon, 2003).

Los vacunos colectan y procesan información acerca de su ambiente y la emplean para las decisiones de pastoreo con el objetivo de mejorar su eficiencia. El enunciado básico de la Teoría del Optimo Pastoreo refiere a que el comportamiento que le confiere el máximo beneficio al animal es aquel que optimiza las tasas de consumo energético (Dumont y Gordon, 2003). En la interfase planta-animal la disponibilidad y la accesibilidad de las hojas afecta el consumo en cada bocado (Gregorini et al., 2009)

El arreglo espacial y las características nutricionales de cada nivel jerárquico determinan cuál de estos tiene mayor influencia en el pastoreo. El modelo de información compartida habla de "propuestas de pastoreo" refiriéndose a que la información sobre los parches es distribuida igualmente entre los integrantes del grupo, y todos los animales están en igualdad de oportunidades de encontrar comida y de estar en un buen estado fisiológico (Dumont y Gordon, 2003).

Por otra parte, en el correr del día la pastura sufre cambios en su composición química y esto afecta el comportamiento del ganado en pastoreo. Mientras en la mañana las pasturas presentan un mayor contenido de agua, esto lleva a que las sesiones de pastoreo sean más cortas en relación a las de la tarde, donde el contenido de agua es menor, sobre el final del día la tasa de consumo aumenta debido a un aumento en el tamaño de bocado y a una mayor tasa de bocado (Gibb, 2006).

Es de esperar que al regreso del ordeño vespertino hasta el anochecer, el ganado destine la mayor parte de su tiempo al pastoreo (Gibb, 2006).

Los animales han desarrollado estrategias de pastoreo, digestivas y metabólicas, en respuesta a la variabilidad de los ambientes. La decisión de la estrategia a emplear va a depender de la relación costo beneficio que le proporcione al animal en el momento o estado en el que se encuentra. La comprensión de los patrones naturales de comportamiento de pastoreo de rumiantes y sus reacciones ante las restricciones impuestas sobre ellos, sin duda puede ayudar a mejorar el manejo del pastoreo, de modo de maximizar la eficiencia de utilización de este recurso así como la ingesta individual de los animales (Gibb, 2006).

2.2 LA FORMACION DE PARCHES BAJO PASTOREO Y SU RELACION CON LA SELECTIVIDAD Y ESTRATEGIA DE PASTOREO DE VACUNOS

Previo al pastoreo, la pastura presenta heterogeneidad espacial y después del mismo con la reducción en la cantidad de forraje aumenta su coeficiente de variación espacial. Esto confirma la importancia del proceso de pastoreo como factor formador y de mantenimiento de la heterogeneidad. Inclusive en pasturas mono específicas hay heterogeneidad espacial, donde zonas o parches de vegetación fuertemente pastoreada están en contacto con zonas donde no hubo pastoreo, o hay una zona intermedia donde el pastoreo existió pero no fue muy intenso (Hirata, 2002).

La heterogeneidad se detecta por variaciones edáficas y efecto del pastoreo, el ganado selecciona aún en pasturas mono específicas, creando las diferentes zonas o parches (Cid y Brizuela, 1997).

El consumo selectivo del forraje por parte del ganado genera zonas fuertemente pastoreadas y otras que no han sido pastoreadas, que varían de tamaño (Bakker et al., 1983). Luego de generados, los parches son mantenidos

por los animales, donde en zonas fuertemente pastoreadas el remanente sigue siendo escaso, mientras tanto los parches no pastoreados siguen creciendo y en el caso de la Festuca pasan a estado reproductivo, siendo poco apetecidos por el ganado (Bakker et al., 1983). Un parche se define como la unidad de variación comúnmente encontrada en las pasturas. La descripción de un parche es subjetiva y depende del grupo de animales, del tamaño, de la presión de pastoreo y de la percepción de quien observa (O'Reagain y Schwartz, 1995). De acuerdo a Cid y Brizuela (1998) los parches que se generan y mantienen por efecto del pastoreo, difieren en biomasa total, biomasa viva, densidad y concentración de nitrógeno, pero las diferencias entre parches altos y bajos en cuanto a composición botánica son menores.

La altura del parche es la principal característica que lo identifica, determinando en un 50% el tamaño de bocado (especialmente la profundidad de bocado), mientras que el área de bocado es mayormente determinada por la densidad del parche pastoreado (Prache y Peyraud, 2001).

La selectividad aumenta cuando los diferentes parches están dispersos al azar (Dumont et al., 2002). Por lo tanto, es de esperar que pasturas heterogéneas hayan sido generadas a partir de diversos modelos de selectividad (Soder et al., 2007).

A nivel de partes de plantas la selectividad ocurre entre tallo y hoja y entre material seco y verde. La selección a nivel de planta hace referencia a la que ocurre entre especies con diferente estructura, contenido de nutrientes y calidad de las hojas, que determinan la tasa de consumo. Hay una respuesta consistente de los animales a la agregación de parches en el espacio dada por la selección de los de mayor calidad (O'Reagain y Schwartz, 1995).

El consumo de forraje dentro del parche está determinado por interacciones entre el tamaño, manejo del animal y la altura, densidad y la rigidez de la pastura en el parche (Prache y Peyraud, 2001). La reducción en la cantidad de forraje en el parche así como la percepción o expectativa de oportunidades de mayor consumo son factores que motivarían al animal a moverse entre parches.

El animal tiene que hacer un intercambio entre continuar pastoreando el parche en el cual está viendo como disminuye su calidad y cantidad de forraje, y moverse hacia otro parche, y por lo tanto incurriendo en un gasto energético. Si un animal busca maximizar su consumo, el Teorema de Valor Marginal (Charnov, 1976) sostiene que el animal va a moverse de un parche cuando la

tasa de consumo dentro de este se iguale con el consumo promedio que se obtendría en todo el ambiente.

2.3 ESTRUCTURA DE LA PASTURA Y SU RELACION CON LA SELECTIVIDAD

La estructura de la pastura es usualmente definida y medida como la distribución y arreglo de las partes de las plantas de una comunidad por encima del suelo (Laca y Lemaire, 2000). Incluye la cantidad de forraje (expresada en kg/há) la relación hoja/vaina, la altura y densidad de la pastura (tallos/m²) (McGilloway et al., 1999).

A nivel de campo la altura de forraje remanente ha sido indicador de la intensidad de pastoreo por su relación con la cantidad de biomasa inicial removida bajo condiciones de pastoreo. La altura de forraje remanente afecta la producción de forraje lo cual, para Festuca, se explica por una menor densidad de macollos (Tavakoli et al., 1993).

La compensación entre número y peso de macollos explicaría que en Festuca, la tasa de crecimiento de forraje se modificó un 10% frente a cambios en la intensidad de 10 a 6 cm y 20 a 3 cm (Agnusdei y Assuero, 2004). La compensación entre número y peso de macollos lleva a que el rendimiento expresando en producción de materia seca sea el mismo (Agnusdei y Assuero, 2004). Con inferior intensidad de pastoreo el macollaje será menor y pasará a ser importante el peso de cada macollo, en cambio a altas intensidades de pastoreo el número de macollos es más importante. Esta plasticidad, se expresa hasta cierto punto, donde pastoreos muy intensos terminan agotando las reservas y muere el macollo (Saldanha, 2009).

La altura de la pastura afecta los componentes del comportamiento ingestivo. El aumento en la tasa de bocado en respuesta a la reducción del tamaño de bocado, no logra compensar exitosamente el efecto de tener una menor altura de forraje, por lo tanto la tasa de consumo se reduce. Se debe buscar mantener un equilibrio entre la producción de nuevo material vegetal o de producción de hoja y el consumo de los animales, de manera de asegurar una alta eficiencia de utilización de los productos primarios y minimizar el forraje senescente (Gibb, 2006).

Cuando el índice de área foliar (IAF) o la altura es baja luego de una defoliación, el tamaño y la población de macollos son importantes. Con

elevados IAF, en cultivos densos, los procesos de crecimiento dependen de la intercepción de luz, fotosíntesis, respiración, muerte de hojas y raíces y menos del número de macollos (Matthew et al., 2000).

La tasa de macollaje depende de la tasa de aparición de hojas, la cual está determinada por el número de yemas axilares ya que son estas las que pueden originar un macollo. (Gautier et al., 1999). Al aumentar el IAF y por lo tanto al aumentar el sombreado, se modifica la relación rojo / rojo lejano y por lo tanto se afecta la tasa de aparición de hojas, lo que determina un menor macollaje (Gautier et al., 1999). Por lo tanto a intensidades de pastoreo bajas, el macollaje será menor y pasará a ser importante el peso de cada macollo, en cambio a altas intensidades de pastoreo el número de macollos es más importante, claro que esta plasticidad se expresa hasta cierto punto donde pastoreos muy intensos terminan agotando las reservas y termina en muerte del macollo (Saldanha, 2009).

La calidad de la luz y el efecto del sombreado, son factores que afectan el crecimiento y la morfología de las plantas (Casal et al., 1987). Deregibus et al. (1983) mostraron que una reducción en la relación rojo/rojo lejano produjo un menor macollaje, las plantas comenzaron a buscar luz por dos vías, creciendo en sentido horizontal, como es el caso del trébol blanco, o lo hacen en altura como es el caso de la Festuca. Este tipo de crecimiento (bajo sombra) afectó además el crecimiento de las raíces y la acumulación de reservas (Lemaire, 2001).

En una comunidad pastoreada, las defoliaciones no afectan solo una planta sino que también a sus vecinos, por lo que la defoliación a nivel de parche puede ser también vista como una situación en la que la competencia por luz es removida (Lemaire, 2001). El crecimiento de la pastura en primavera está directamente relacionado con el peso de los macollos. En esta etapa, el crecimiento en peso de los macollos es principalmente función del crecimiento de tallos verdaderos (estructuras de origen caulinar) más que las láminas y vainas que lo componen y es el componente de rendimiento principal que explica los rendimientos de forraje que se obtienen en la fase reproductiva (Formoso, 2010).

Pasturas con muy bajas poblaciones de macollos, pueden ser causa de limitaciones ambientales, como falta de agua o competencia por nutrientes. El número de macollos tendió a ser mayor cuando más intensos fueron los pastoreos, en contrapartida la proporción de lámina fue mayor en pastoreos menos intensos (Agnusdei y Assuero, 2004).

Si bien la Festuca al tener sustancias de reserva en las raíces y al contar con rizomas soporta defoliaciones intensas y relativamente frecuentes, otro aspecto que la hace resistente a este manejo es que generalmente el área foliar remanente luego de los pastoreos es alta (MacKee, 1967). Esto coincide con Formoso (2010) quien expresa que debido a la selectividad animal, algunos macollos son parcialmente defoliados o directamente escapan a ser comidos. Estas macollas aseguran un mejor rebrote de aquellas que fueron pastoreadas completamente, mediante la traslocación de nutrientes de las primeras a las últimas. De acuerdo con Matches (1968) periodos prolongados de pastoreo intensivo pueden ser desfavorables aunque Burns (1976) demostró que con adecuada fertilidad la festuca aceptó defoliaciones más o menos severas, siempre que se deje crecer por lo menos a un 50 % más del remanente, sin embargo la ausencia de órganos que acumulen grandes reservas, pueden hacer peligrar su persistencia.

Intervalos prolongados sin pastoreo, no solo logran que se optimice la población de macollos si no que también permiten que ocurra el crecimiento radicular, es por esto que pastoreos poco frecuentes en primavera permiten que la pastura sobreviva el verano y se obtenga un buen rebrote en el otoño (Fulkerson y Donaghy, 2001).

2.3.1 Intensidad de pastoreo

La intensidad de pastoreo se puede cuantificar midiendo la altura del forraje remanente cuando se parte de situaciones similares.

La plasticidad de la estructura de la pastura puede ser dañada notablemente con cambios en el manejo. Si una pastura está sin pastoreo durante mucho tiempo, desarrolla una estructura adaptada para sostener una alta biomasa (baja densidad de macollos de gran tamaño), y al ser luego pastoreada en forma severa puede verse limitado su crecimiento (Parsons y Chapman, 2000).

Al incrementar la altura de la pastura, aumenta la fotosíntesis bruta, hasta un punto donde se estabiliza, en este momento es cuando la fotosíntesis neta también se estabiliza, existe una diferencia entre la bruta y la neta, que es debida a la respiración y al crecimiento radicular, el cual se hace a expensas de productos obtenidos de la fotosíntesis (Parsons y Chapman, 2000)

La tasa de senescencia también aumenta pero luego que la fotosíntesis neta y bruta se estabilizan, en el caso de sistemas pastoriles permitir que la

tasa de senescencia aumente, es perder eficiencia en el proceso de pastoreo y perder alimento ya producido (Parsons y Chapman, 2000).

La tasa de senescencia de lámina por macollo, está relacionada con la probabilidad de que una hoja sea defoliada antes de que muera y esto en primera instancia está determinado por la intensidad de pastoreo (Mazzanti y Lemaire, 1994). La senescencia de hojas tiende a incrementarse con menores intensidades de pastoreo, ya que esta es quien determina el largo de hoja remanente (Lemaire y Agnusdei, 2000).

Tavakoli et al. (1993) encontraron que se producía menos forraje si la Festuca era mantenida a 3-4 cm, en comparación con una mantenida a 5-6 cm, explicado en parte no por una menor densidad de macollos si no por un menor peso de los macollos.

Una explicación para lo ocurrido es que a 3 cm la Festuca no tiene la posibilidad de rebrotar eficientemente, ya que el pseudotallo no puede acortarse más, por lo que se pierde plasticidad, lo que hace necesario dejar un remanente superior el cual ha sido sugerido superior a 5 cm (Kemp et al., 2001).

Como es de esperar, la tasa de senescencia por unidad de área se incrementó linealmente al disminuir la intensidad de pastoreo. Por ejemplo, en el experimento de Kemp et al. (2001) las pérdidas por senescencia fueron del orden del 40% en primavera para tratamientos de 8 cm de altura y se incrementaron a un 60% aproximadamente con tratamientos de alturas superiores a los 13 cm.

2.3.2 Heterogeneidad de la pastura

La vegetación en pasturas naturales es heterogénea (Hirata, 2002). Inclusive en pasturas monoespecíficas hay heterogeneidad espacial, donde zonas o parches de vegetación fuertemente pastoreada están en contacto con zonas donde no hubo pastoreo, o hay una zona intermedia donde el pastoreo existió pero no fue muy intenso (Hirata, 2002).

La heterogeneidad se detecta por variaciones edáficas y efecto del pastoreo, el ganado selecciona aún en pasturas monoespecíficas, creando las diferentes zonas o parches. El rebrote de las zonas fuertemente pastoreadas presentó mejor concentración de nutrientes que la vegetación no pastoreada, por lo tanto el ganado utilizando estos parches, llevando a que aquellos no pastoreados aumenten su tasa de senescencia con reducción en la eficiencia

de uso del forraje (Cid y Brizuela, 1998). Luego que se generan estos parches, los mismos se mantienen por parte del ganado, en las zonas fuertemente pastoreadas, el remanente sigue siendo poco, mientras tanto que los parches no pastoreados siguen creciendo y en el caso de la Festuca pasan a estado reproductivo, siendo poco apetecido por el ganado (Bakker et al., 1983).

Cuando los parches pastoreados ya no son capaces de aportar forraje, se inician pastoreos en nuevas zonas sin pastorear, hasta que estos parches colapsen nuevamente (Ring et al., 1985).

La altura de las plantas en los parches poco utilizados, se redujo linealmente con el incremento en la intensidad de pastoreo, por lo cual se puede concluir que la heterogeneidad de la pastura es producida y mantenida por el ganado y resultó afectada por la intensidad de pastoreo (O'Reagain y Schwartz, 1995).

En las zonas o parches más fuertemente utilizados hay un porcentaje más elevado de biomasa viva (31 vs 26%) en relación a la biomasa total. Con incremento en la intensidad de pastoreo se redujo la biomasa muerta, tanto en los parches fuertemente pastoreados como en aquellos que no son pastoreados (Cid y Brizuela, 1998).

A medida que aumentó la presión de pastoreo una mayor proporción de la dieta del ganado provino de zonas o parches fuertemente pastoreados, esto fue por interacción entre la cantidad de biomasa que hay en los parches y por el área que ocupan cada tipo de parche (Cid y Brizuela, 1998).

La calidad de la dieta consumida depende de la intensidad de pastoreo, dado que hay menor cantidad de hojas verdes y mas material muerto en los estratos más bajos (Gregorini et al., 2009). Las vacas comen material muerto solo cuando el material verde y el no contaminado no está disponible y su proporción aumenta hacia la base de la canopia. La biomasa de los parches más utilizados presentó concentraciones de nitrógeno superiores a los parches menos utilizados en Festuca, esto coincidió con investigaciones en raigrás, donde se encontró que las zonas más pastoreadas tienen mayor digestibilidad y densidad de nutrientes, que las zonas no pastoreadas (Cid y Brizuela, 1998).

En el mismo trabajo, el pastoreo rotativo generó parches con diferentes niveles de utilización que diferían en estructura y en productividad en todas las intensidades de pastoreo, inclusive las diferencias entre las diferentes

intensidades de pastoreo, solo se dieron al final del periodo experimental (Cid y Brizuela, 1998).

A pequeñas escalas (pastoreo en franjas) cambios en la disponibilidad de forraje y su accesibilidad determinan cambios en la conducta de pastoreo, tasa de consumo y consecuentemente la performance de los animales (Gregorini et al., 2009). En el trabajo de Cid et al. (2008) se encontraron diferencias significativas entre parches, en la altura y en el total de biomasa a lo largo del tiempo entre los parches altos y bajos, antes y después de pastorear, pero estas diferencias no fueron afectadas por la intensidad de pastoreo. Los parches bajos tuvieron en total menos biomasa que los altos tanto antes como después del pastoreo. Las diferencias en peso y altura de los parches se incrementan con el tiempo, por la acumulación de biomasa en los parches altos.

En el trabajo anterior, los parches bajos tuvieron una menor productividad por unidad de área, pero en contrapartida presentaron una mayor tasa de crecimiento relativa, en comparación con los parches altos. De igual manera este efecto no alcanzó para compensar las diferencias de tasa de crecimiento real, por lo que los parches altos acumulan más forraje (Cid et al., 2008).

Farrugia et al. (2006) encontraron que luego de un ciclo de pastoreo, la altura de la pastura descendió, en ese mismo periodo aumentaron los parches bajos y disminuyeron los verdes. Es así que pasaron a dominar parches con similares proporciones de material verde y material muerto, lo que se confirma cómo la selección lleva a un mayor consumo de parches verdes y desprecio de los muertos, que en ese trabajo fueron los más alto luego del pastoreo. En este trabajo también se llega a la conclusión de que vacas con menores requerimientos disminuyen su selectividad posiblemente pastoreo al azar.

2.4 ESTRUCTURA DE LA PASTURA Y SU RELACIÓN CON EL MANEJO DEL PASTOREO

El desarrollo de hojas y macollos son procesos que interactúan como determinantes de la captura de luz. Cuando el índice de área foliar (IAF) es bajo, durante el establecimiento de una pastura o luego de una defoliación, el tamaño y la población de macollos son importantes. Con elevados IAF, en cultivos densos, los procesos de crecimiento dependen de la intercepción de luz, fotosíntesis, respiración, muerte de hojas y raíces y menos del número de macollos (Matthew et al., 2000).

Pasturas con muy bajas poblaciones de macollos, pueden ser causa de limitaciones ambientales, como falta de agua o competencia por nutrientes. También, pastoreos frecuentes (45 vs 90 días) generaron un 15% menos de macollos en la estación de crecimiento siendo este efecto mayor en verano donde llegó al 30% (Formoso, 2010)

La intensidad de pastoreo “óptima” es aquella con la cual se logra optimizar el consumo de hojas verdes y minimizar el consumo de material muerto (Chapman et al., 2007).

2.4.1 Efecto de la heterogeneidad de la pastura sobre la selectividad animal

Un animal criado bajo pastoreo tiene un mayor control sobre su dieta que uno criado en condiciones estabuladas, especialmente cuando los recursos son heterogéneos y la intervención humana es baja. Varios modelos tratan de entender cómo es que los animales seleccionan su dieta, pero muchos de los primeros modelos de optimización a pesar de ser buenos descriptores del pastoreo en situaciones puntuales, fallan al extrapolarlos a situaciones en las que la escala espacial y temporal cambia, entonces la situación se torna más compleja y difícil de entender y describir, dado que además integra procesos de intercambio con otros procesos y comportamientos. El proceso de pastoreo involucra interacciones entre características de los animales y las características del alimento en el ambiente (Prache y Peyraud, 2001).

A nivel de partes de plantas la selección ocurre entre tallo y hoja y entre material seco y verde. La selección a nivel de planta hace referencia a la que ocurre entre especies con diferente estructura, contenido de nutrientes y calidad de la hojas, que determinan la tasa de consumo. Hay una respuesta consistente de los animales a la agregación de parches en el espacio dada por la selección de los de mayor calidad (O'Reagain y Schwartz, 1995).

A nivel de parche hay investigación que sugiere que la selección a este nivel es beneficiaria para el ganado, aunque dentro de ciertos límites, los cuales de ser superados se estaría sobre pastoreando la pastura y la selección se reduciría (Cid y Brizuela, 1998). El consumo de forraje en el parche está determinado por interacciones entre el animal y las propiedades físicas de la vegetación, en especial la altura, densidad y la rigidez de la pastura en el parche.

La degradación de forraje en el parche así como la percepción o expectativa de oportunidades de mayor consumo son factores que motivarían al

animal a moverse. El animal tiene que hacer un intercambio entre continuar pastoreando el parche en el cual está viendo como disminuye su calidad y cantidad de forraje, y moverse hacia otro parche, y por lo tanto incurriendo en un gasto energético. Cuando los costos de búsqueda son insignificantes, los animales generalmente prefieren parches donde puedan desarrollar una mayor tasa de consumo (Prache y Peyraud, 2001).

Goncalves et al. (2009) observaron que el número de bocados y tiempo en los parches, se incrementa cuadráticamente con la altura de forraje a escala de agregación de parches puede tener un marcado efecto en las decisiones de pastoreo de los animales. Una pequeña escala de agregación puede involucrar limitantes por el hecho que es más costosa la selección, mientras que una escala mayor puede generar limitantes por el movimiento que involucra y la ubicación de los parches preferidos (Prache y Peyraud, 2001).

Los animales en el campo están siempre forzados a obtener una cantidad relativamente constante de nutrientes pero en un ambiente extremadamente variable. Los animales parece que eligen los lugares que proporcionan el mayor retorno en nutrientes por unidad de tiempo de pastoreo, dejando de lado áreas con especies no palatables o de poca concentración de nutrientes (O'Reagain y Schwartz, 1995).

Los animales han desarrollado una gran cantidad de estrategias de pastoreo, digestivas así como metabólicas, en respuesta a la variabilidad de los ambientes. La decisión de la estrategia a usar va a depender de la relación costo beneficio que le proporcione al animal en el momento o estado en el que se encuentra.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL

El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC), Facultad de Agronomía – UDELAR, ubicada en la ruta 3 Km 363,5 Paysandú – Uruguay (32 ° 22'S - 58 ° 03'W) durante los meses de octubre y noviembre de 2010.

3.2 CLIMA

Durante el período experimental, se registró la temperatura diaria mínima, máxima y promedio, humedad y precipitaciones (cuadro 1).

Cuadro 1. Temperatura, humedad y precipitaciones promedios, máximas y mínimas durante el período experimental.

Temperatura (°C)			Humedad	Precipitaciones
Media	Promedio Máxima	Promedio Mínima	(%)	(mm)
16,4	16,7	16,2	63,1	289,6

3.3 PASTURA

Se empleó una pastura mezcla de segundo año de Festuca (*Festuca arundinacea*.) y Trébol blanco (*Trifolium repens*) sembrada en mayo de 2009 a una densidad de siembra de 10 kg/ha de Festuca cv. La Sorpresa, 2 kg/ha de Trébol blanco cv. Zapicán. Las fertilizaciones realizadas se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 2. Nivel y tipo de fertilizante empleado en la pastura previo y durante el período experimental.

Momento	Fórmula fertilizante	Kg/ha aplicados	UN/ha	UP/ha
Siembra	18-46-00	100	18	46
18/03/2010	7-40-00	80	5,6	32
24/05/2010	46-00-00	50	23	0
22/06/2010	46-00-00	50	23	0
11/08/2010	46-00-00	60	27,6	0

3.4 ANIMALES

Se utilizaron 13 vacas Holando en primer tercio de lactancia por tratamiento, bloqueadas por edad. Los animales presentaron un peso vivo promedio y condición corporal de 627 ± 80 kg y $3 \pm 0,2$ respectivamente. Como parte de la conducción del experimento fueron utilizados animales volantes de similares características.

3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS

El área experimental comprendió 9 hectáreas. El diseño experimental fue de bloques completos al azar (2 Bloques) con tres tratamientos de altura de pastoreo (Figura 1).

Los tratamientos de altura de pastoreo consistieron en diferentes altura remanente de 6 cm (T6), 9 cm (T9) y 12 cm (T12), y misma altura de ingreso al pastoreo (23 ± 7 cm aproximadamente). El sistema de pastoreo fue rotativo.

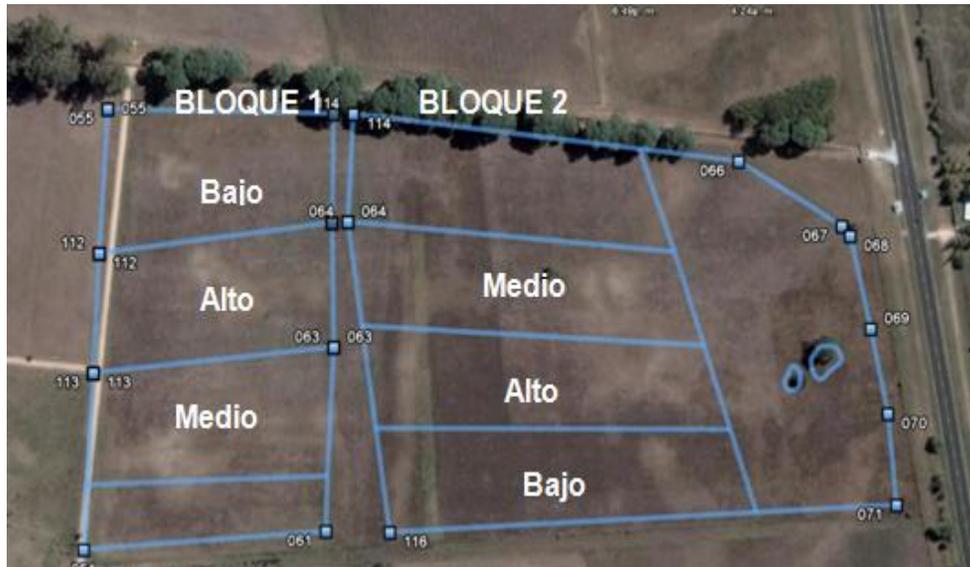


Figura 3. Foto que ejemplifica el diseño y la ubicación en el espacio de las parcelas experimentales.

Para las determinaciones realizadas en la pastura y los animales las unidades experimentales constituyeron la parcela y grupo de animales dentro de cada parcela.

3.6 CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

Las alturas de pastoreo fueron generadas mediante el manejo de diferente número de animales volantes (0, 3 y 6 animales volantes para T12, T9 y T6 respectivamente), dejando fijo el número de animales experimentales por tratamiento. Tanto el tamaño de las parcelas como el número de días de pastoreo fue fijo (1,5 hectáreas, 7 días de pastoreo). El pastoreo fue rotativo entre bloques y se llevo a cabo durante todo el día. Las vacas de todos los tratamientos recibieron igual tipo y cantidad de suplementación en el orden de 3,5 Kg MS/vaca/día de concentrado.

Dichos tratamientos se aplicaron previamente durante el Otoño de 2010. En Invierno todas las parcelas recibieron igual manejo de la altura de pastoreo (altura de Plato = 9).

3.7 DETERMINACIONES

3.7.1 Altura del forraje disponible

Se establecieron dos franjas de 30 m en cada parcela donde se realizaron mediciones *in situ* en la pastura. La altura de pastoreo se monitoreó todos los días, durante el pastoreo con rising plate cada 30 cm a lo largo de estas dos franjas.

3.7.2 Estructura de cada tipo de parche de pastoreo

Se trazaron dos diagonales imaginarias en cada parcela, donde aproximadamente cada 15 m se tomó una muestra de un pan de tierra de 10*10 cm por 5 cm de profundidad. Se sacaron 6 muestras de cada tipo de parche (Alto y Bajo) en cada parcela. Se cortaron los macollos en su base y el resto de las especies a ras del suelo y se realizaron las siguientes determinaciones:

Número de macollos totales

Número de macollos chicos y grandes (subjetivo)

Relación lámina/vaina en peso seco

Relación verde/seco

Composición de especies (trébol blanco y festuca)

En submuestras de 10 macollos grandes y chicos se determinó el largo de vainas.

3.7.3 Dinámica de defoliación

En cada franja de 30 m se determinó diariamente durante el período de pastoreo, cada 30 cm:

Tipo de parche de pastoreo (Alto vs. Bajo) (subjetivamente). Los parches se clasificaron en dos categorías según la vegetación, bajos (parches severamente defoliados) y altos (áreas sin pastoreo o ligeramente defoliadas) (Ring et al., 1985).

Altura de la pastura (Rising Plate Meter).

Porcentaje de las dos especies principales presentes

Porcentaje de suelo descubierto

3.7.4 Tiempo de pastoreo

Se determinó el tiempo de pastoreo en la primera sesión después del ordeño matutino y vespertino durante dos horas. Los registros de selección de parches fueron tomados en tres animales a intervalos de cinco minutos mientras duró la sesión de pastoreo. En cada intervalo y para cada animal se registró la actividad que estaba realizando (rumia, descanso o pastoreo).

3.7.5 Selectividad

Se determinó en tres animales por tratamiento la selección por parches de pastoreo altos o bajos, los registros fueron tomados cada 5 minutos durante la primer sesión de pastoreo pos ordeño. La selectividad se expresó mediante un índice de selección (IS) de parches. El IS de parches se determinó como el cociente entre el porcentaje de parches altos o bajos preferidos por el animal y el porcentaje de parches altos o bajos en la pastura (adaptado de Coates y Penning, 2000).

3.8. MODELOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

3.8.1 Evolución de la pastura

El efecto de los tratamientos, el tipo de parche y el día de medición sobre la altura de la pastura y de la contribución de las diferentes fracciones, fue estudiada ajustando modelos lineales generales de medidas repetidas en el tiempo en base al siguiente modelo.

$$Y_{ijkl} = \mu + \beta_i + T_j + \delta_{ij} + D_k + (TD)_{jk} + PI + (TP)_{jl} + (PD)_{kl} + (TPD)_{jkl} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde,

μ es la media general

β_i es el efecto del i-ésimo bloque

T_j es el efecto del j-ésimo tratamiento

δ_{ij} es el error entre parcelas

D_k es el efecto del k-ésimo día de medición

$(TD)_{jk}$ es la interacción entre tratamiento y día de medición

P_l es el efecto del l-ésimo tipo de parche

$(TP)_{jl}$ es la interacción entre tratamiento y tipo de parche

$(DP)_{kl}$ es la interacción entre día y tipo de parche

$(TPD)_{jkl}$ es la interacción entre tratamiento, día y tipo de parche

ϵ_{ijkl} es el error de la medida repetida

Las medias de los efectos significativos fueron comparadas usando el test de Tukey al 5%. La estructura de correlación que adoptada fue la autor regresiva de orden 1. Se utilizó Proc Mixed de SAS para el análisis estadístico.

3.8.2 Estructura de parches

El efecto de los tratamientos y el tipo de parche fue estudiado ajustando un modelo lineal general de medidas repetidas en el tiempo.

$$Y_{ijkl} = \mu + \beta_i + T_j + \delta_{ij} + P_k + (TP)_{jk} + \epsilon_{ijk}$$

Donde,

μ es la media general

β_i es el efecto del i-ésimo bloque

T_j es el efecto del j-ésimo tratamiento

δ_{ij} es el error entre parcelas

PI es el efecto del l-ésimo tipo de parche

$(TP)_{jl}$ es la interacción entre tratamiento y tipo de parche

ε_{ijk} es el error experimental

Las medias de los efectos significativos fueron comparadas mediante el test de Tukey (5%). Se usó el procedimiento Mixed del paquete estadístico SAS versión 9.2. El modelo de autocorrelación adoptado de las medidas repetidas fue de simetría compuesta.

3.8.3 Tiempo de pastoreo

El efecto de los tratamientos, turno de medición, tipo de parche y semana de medición sobre el tiempo de pastoreo, fue analizado usando un modelo lineal general de medidas repetidas en el tiempo (Turno) con la siguiente forma general.

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + S_j + \delta_{ij} + M_k + PI + (TP)_{il} + (PS)_{jl} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde,

μ es la media general

T_i es el efecto del i-ésimo tratamiento

S_j es el efecto de la j-ésima semana

δ_{ij} es el error experimental

PI es el efecto del l-ésimo tipo de parche

M_k es el efecto del k-ésimo turno de medición

(TP)_{il} es la interacción entre tratamiento y tipo de parche

(PS)_{jl} es la interacción entre tipo de parche y la semana

ε_{ijkl} es el error de la medida repetida

Las medias de los efectos significativos fueron comparadas mediante la prueba de Tukey (5%). También se usó el procedimiento Mixed del mismo paquete estadístico. El modelo de auto correlación adoptado fue de simetría compuesta.

3.8.4 Índice de selección por parches

Para estudiar el efecto de los tratamientos, la semana de medición y el tipo de parche sobre el índice de selección, se ajustó un modelo lineal general con la siguiente forma:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + S_j + (ST)_{jj} + \delta_{ij} + P_k + (TP)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde,

μ es la media general

T_i es el efecto del i-ésimo tratamiento

S_j es el efecto de la j-ésima semana

δ_{ij} es el error experimental

P_k es el efecto del k-ésimo tipo de parche

(TP)_{jl} es la interacción entre tratamiento y tipo de parche

ε_{ijk} es el error dentro de parcelas (entre tipo de parche)

Las medias de los efectos significativos fueron comparadas mediante la prueba de Tukey (5%). También se usó el procedimiento Mixed del mismo paquete estadístico.

4. RESULTADOS

4.1 EVOLUCIÓN DE LOS PARCHES Y SU COMPOSICIÓN

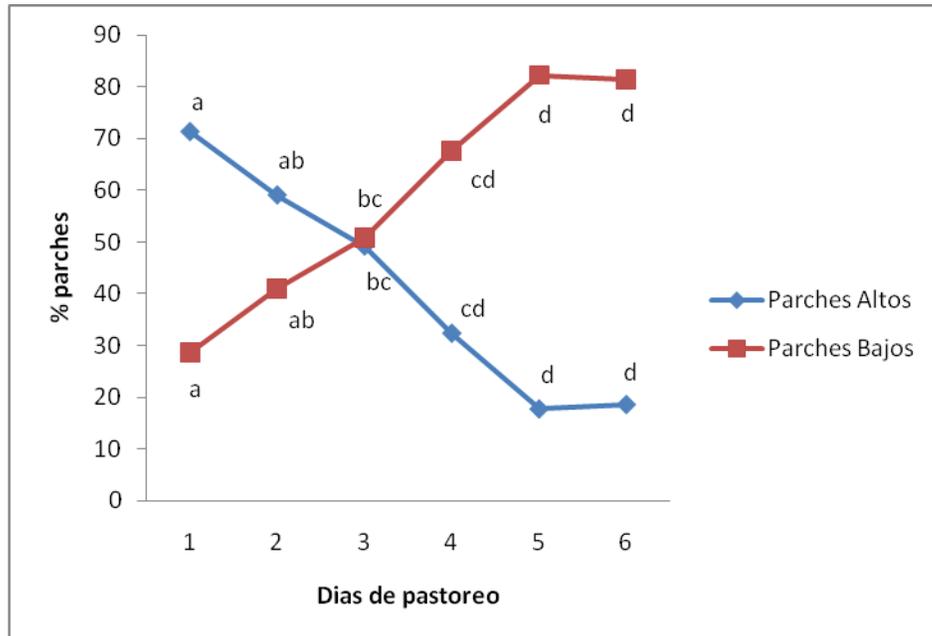
En el cuadro 3 se presenta el efecto del tratamiento, tipo de parche y día de pastoreo sobre el porcentaje de cada uno de los parches, la evolución de altura y especies presentes en la pastura.

Cuadro 3. Efecto del tratamiento, tipo de parche y día de ocupación de la parcela sobre la estructura horizontal, altura y evolución de especies presentes en la pastura.

	Tratamiento	Parche	Día	Trat.* Parche	Trat.* Día	Parche * Día
% Parches	< 0,05	xxxxxx	< 0,05	xxxxxx	ns	xxxxxx
Altura	ns	< 0,05	< 0,05	ns	ns	ns
% Festuca	ns	ns	ns	ns	ns	ns
% Trébol blanco	ns	ns	ns	ns	ns	ns
% Suelo descubierto	ns	< 0,05	ns	ns	ns	ns

Referencias: xxxxxx: No corresponde analizar; <0,05: efecto significativo al 5% (Tuckey); ns: efecto no significativo.

La altura de la pastura y el día de pastoreo afectaron el porcentaje de parches. En la figura 4 se presenta el efecto del día de pastoreo sobre la evolución del porcentaje de parches altos y bajos.



Referencias: a, b, c, d: Letras no compartidas presentan diferencias significativas al 1% (Medias de mínimos cuadrados \pm error estándar).

Figura 4. Evolución del porcentaje de parches altos y bajos según día de ocupación de la parcela (Medias de mínimos cuadrados \pm error estándar).

La tasa de descenso de los parches altos durante los primero 5 días de pastoreo fue del 10,7 % diario. Al final del período de ocupación se invirtió la contribución de cada tipo de parche. . Lo opuesto ocurrió con los parches bajos, los cuales partieron de una proporción de 29% y llegaron a un 81 % en el quinto día de pastoreo. En cinco días de pastoreo se modificó la estructura horizontal de la pastura dado que el porcentaje de parches bajos llegó a 80 por ciento al final del pastoreo. El tratamiento afecto el porcentaje de parches altos y bajos (cuadro 4).

Cuadro 4. Efecto del tratamiento sobre el porcentaje de parches altos y bajos (Medias de mínimos cuadrados \pm error estándar).

Tratamiento	Parches	
	Alto	Bajo
T 6	24 \pm 25	76 \pm 25
T 9	30 \pm 26	70 \pm 26
T 12	68 \pm 24	32 \pm 24

Referencia: T12: tratamiento alto (12 cm altura de remanente), T9 tratamiento medio (9 cm de altura de remanente), T6 tratamiento bajo (6 cm de altura de remanente).

La distribución de parches resultó muy diferente según el tratamiento durante el período experimental. Mientras que en el T12 hay una marcada mayoría de parches altos, en los T9 y T6 la distribución resultó opuesta.

La altura de la pastura resultó afectada por el tipo de parche y el día de ocupación de la parcela (Cuadro 5).

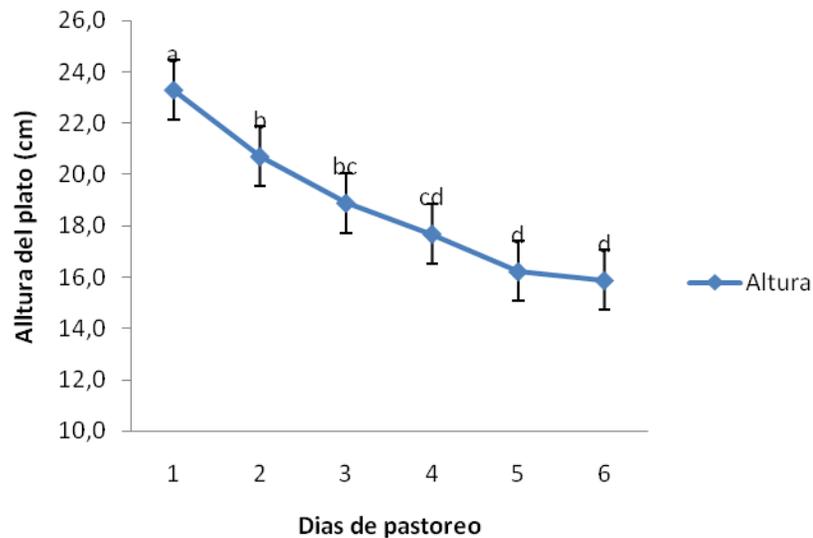
Cuadro 5. Efecto del tratamiento sobre la altura de los parches. (Medias de mínimos cuadrados \pm error estándar).

	Altura de los parches	
	Alto (cm)	Bajo (cm)
T 6	20,3 \pm 1,94 a	12,9 \pm 1,94 b
T 9	21,5 \pm 1,94 a	14,0 \pm 1,94 b
T 12	26,7 \pm 1,94 a	17,2 \pm 1,94 b

Referencia: T12: tratamiento alto (12 cm altura de remanente), T9 tratamiento medio (9 cm de altura de remanente), T6 tratamiento bajo (6 cm de altura de remanente); \pm error estándar (cuadrados medios); letras diferentes presentan diferencias significativas al 5% entre parches del mismo tratamiento.

Los parches altos fueron diferentes de los bajos en todos los tratamientos. El tipo de parche no fue diferente entre los tratamientos. Es decir, que los tipos de parche (altos, bajos) fueron siempre diferentes dentro de la parcela pero no se diferenciaron entre las diferentes parcelas.

Con el transcurso de los días de pastoreo la altura disminuye en todos los tratamientos y en ambos tipos de parches (figura 5).



Referencias: Letras diferentes presentan diferencias significativas al 5% (Tuckey) Los rangos presentados en cada punto corresponden a \pm error estándar. La altura del plato está presentada en centímetros.

Figura 5. Evolución de la altura de forraje durante el período de ocupación de las parcelas (medias de mínimos cuadrados \pm error estándar).

La altura general de la pastura descendió de manera considerable tras los 6 días de pastoreo, unos 7,5 cm.

Los diferentes tratamientos presentaron cambios en el porcentaje de parches altos y bajo y a su vez los más preferidos fueron los altos. En todos los tratamientos los parches altos resultaron diferentes de los bajos. La altura es la característica principal que diferencia a los parches.

4.2 ESTRUCTURA DE LOS PARCHES

En el cuadro 6 se presenta el efecto del tratamiento, tipo de parche y la interacción tratamiento*tipo de parche sobre la descripción de la estructura de la pastura.

Cuadro 6. Efecto de tratamiento, parche y de la interacción de tratamiento por parche sobre la estructura vertical y el porcentaje de especies de la pastura.

	Tratamiento	Parche	Tratamiento.* Parche
Altura	ns	< 0,05	ns
No. Mac.tot.	ns	ns	ns
No. Mac. Grandes	ns	ns	ns
No. Mac. Chicos	ns	ns	ns
Rel. Mac.Chicos/Grandes	ns	ns	ns
Rel.Lámina/Vaina Chicos	ns	< 0,05	ns
Rel.Lámina/Vaina Grandes	ns	ns	ns
Largo vainas Chicos	ns	< 0,05	ns
Largo vainas Grandes	ns	< 0,05	0,07
Rel. Verde/Seco	ns	ns	ns
% Festuca	ns	0,08	ns
% Trébol Blanco	ns	ns	ns
% Restos Secos	ns	ns	ns

Referencias: <0,05: efecto significativo al 5% (Tuckey); ns: efecto no significativo; valores de 0,07 y 0,08 marcan tendencia a la significancia.

El tratamiento no afectó las variables que describen la estructura vertical de la pastura.

El tipo de parche afectó la altura, relación lamina/vaina de los macollos chicos, y el largo de vaina de los macollos chicos y grandes. En el cuadro 7 se presenta el efecto del tipo de parche sobre la altura, relación lamina/vaina, el largo de la vaina y porcentaje de festuca.

Cuadro 7. Efecto del tipo de parche sobre la estructura vertical de la pastura (Medías de mínimos cuadrados \pm error estándar).

Estructura Vertical	Parches	
	Altos	Bajos
Altura (cms)	24,8 \pm 0,69 b	10,7 \pm 0,69 a
Relación lamina/vaina chicos	1,8 \pm 0,11 b	1,5 \pm 0,11 a
Largo vaina chicos (cms)	7,5 \pm 0,38 b	4,7 \pm 0,39 a
Largo vaina grandes (cms)	14,6 \pm 0,59 b	7,4 \pm 0,62 a
Festuca (%)	61 \pm 0,03 a	57 \pm 0,03 a

Referencia: \pm error estándar (Tuckey); letras diferentes presentan diferencias significativas al 5%. Unidades están especificadas entre paréntesis a la derecha de cada variable de respuesta.

Los parches altos y bajos fueron diferentes en la altura, la relación lamina/vaina y el largo de vaina de los pero no presentaron diferencias en el porcentaje de festuca.

Los parches altos fueron más altos y con superior cantidad de hoja estimada a través del largo de la vaina, la superior relación lamina/vaina y por lo tanto un mayor volumen de lámina, no obstante presentaron el mismo porcentaje de festuca.

4.3 CONDUCTA ANIMAL: INDICE DE SELECCIÓN Y TIEMPO DE PASTOREO

En el cuadro 8 se presenta el efecto del tratamiento, parche, turno semana sobre el tiempo de pastoreo e índice de selectividad.

Cuadro 8. Efecto del tratamiento, parche y turno sobre el tiempo de pastoreo e índice de selectividad.

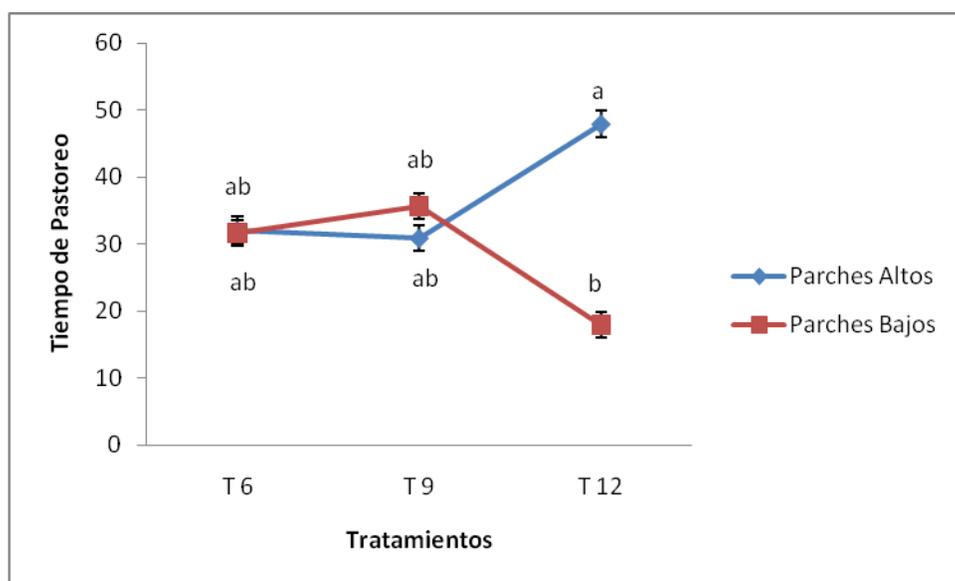
Conducta Animal	Tratamiento	Parche	Turno	Tratamiento* Parche	Tratamiento* Turno	Parche * Turno
Tiempo de Pastoreo	ns	<0,05	<0,05	<0,05	ns	ns
Índice de Selección	<0,05	<0,05	ns	<0,05	ns	ns

Referencias: <0,05: efecto significativo al 5% (Tuckey); ns: efecto no significativo.

La interacción tratamiento*tipo de parche presentó un efecto significativo sobre el tiempo dedicado al pastoreo y el índice de selección. El parche y el turno presentaron efecto significativo sobre el tiempo de pastoreo así como el tratamiento y el parche lo hicieron sobre el índice de selección.

4.3.1 Tiempo de pastoreo

El tiempo dedicado al pastoreo fue afectado por la interacción tratamiento* parche (figura 6).



Referencias: T12: tratamiento alto (12 cm altura de remanente), T9 tratamiento medio (9 cm de altura de remanente), T6 tratamiento bajo (6 cm de altura de remanente); letras diferentes presentan diferencias significativas al 5% (Tuckey) Los rangos presentados en cada punto corresponden a \pm error estándar.

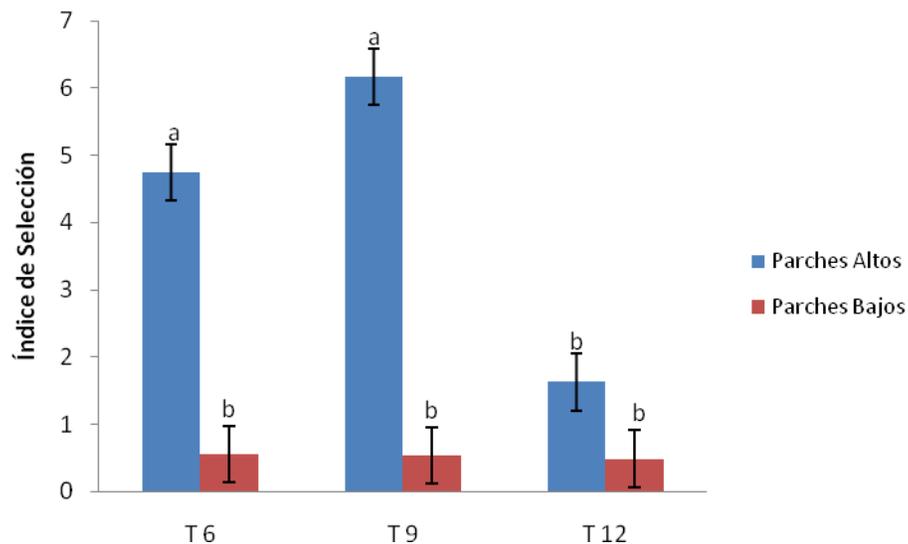
Figura 6. Efecto del tratamientos y tipo de parche sobre el tiempo de pastoreo de vacas lecheras (Medías de mínimos cuadrados \pm error estándar).

En el T12 hay una mayor proporción de parches altos, y las vacas dedican más tiempo al pastoreo de los mismos. Los tratamientos T6 y T9 presentan una proporción similar de parches altos y bajos, y en cuanto al tiempo de pastoreo, las vacas lo distribuyen en igual proporción para los diferentes tipos de parche.

En la mañana la duración promedio del mismo fue de 26 minutos (\pm 3,0 minutos) mientras que en la tarde fue de 39 (\pm 3,0 minutos).

4.3.2 Índices de selectividad

Se encontró efecto de la interacción tratamiento*parche, donde el IS por parche altos fue mayor al IS por parches bajos en el tratamiento bajo y medio, mientras tanto en el tratamiento alto no hubo efecto del tipo de parche sobre el IS (figura 7).



Referencias: T12: tratamiento alto (12 cm altura de remanente), T9 tratamiento medio (9 cm de altura de remanente), T6 tratamiento bajo (6 cm de altura de remanente); letras diferentes presentan diferencias significativas al 5% (Tuckey) Los rangos presentados en cada punto corresponden a \pm error estándar.

Figura 7. Efecto del tratamiento y tipo de parche sobre el índice de selectividad (Medias de mínimos cuadrados \pm error estándar).

El índice de selección presentó un efecto significativo de la interacción tratamiento por parche. No se encontró efecto del día de pastoreo sobre el porcentaje de trébol blanco, el cual no presentó un efecto significativo para los diferentes días.

5. DISCUSIÓN

Uno de los principales aportes del presente trabajo fue su contribución al entendimiento de la dinámica del pastoreo selectivo en parcelas heterogéneas tanto en su estructura vertical como horizontal. Para ello se planteó el estudio de los atributos de los parches como unidad funcional, un enfoque que Wade (2002) ha considerado de relevancia ya que la mayoría de los trabajos que estudian la selección de los rumiantes, lo hacen de manera general mediante la marcación de macollos, sin tener en cuenta la existencia de los parches como factor de variación.

Al comienzo del experimento, en todos los tratamientos de altura de pastoreo se encontró una pastura heterogénea con 70-30 % de parches altos y bajos, lo cual en parte se atribuye al modelo de pastoreo previo de vacas lecheras con diversas alturas de forraje remanente. Esto concuerda con Stuth (1991) quien afirma que la heterogeneidad de las pasturas es creada y mantenida por los animales por efectos del pastoreo selectivo. Se comprobó que la distribución horizontal de los parches fue diferente con los tratamientos al inicio del experimento, sin embargo el patrón de selección durante el pastoreo resultó similar. En todos los tratamientos sucedió que en el correr de los días la proporción de parches bajos aumentó en detrimento de los altos. Luego de 6 días de pastoreo, la relación entre los parches altos y bajos se invirtió al punto que la distribución pasó a ser de un 20-80 % de parches altos y bajos respectivamente. Esta diferencia en la tasa de desaparición estaría reflejando una marcada preferencia de las vacas por los parches altos, lo cual se confirmó posteriormente cuando se analizó el índice de selección. La altura de forraje determinó los procesos que explican el consumo de forraje en pastoreo (Gibb et al., 2006). El proceso de composición de la tasa de consumo como el producto del tamaño de bocado y los movimientos mandibulares de prehensión y masticación (Laca et al., 1992) se modifican con la altura y densidad de pastura. La preferencia por los parches altos, tiene un fundamento en la búsqueda de una mayor eficiencia en la cosecha de forraje, y va a tener efectos en el comportamiento de los animales durante el pastoreo. Berenton et al. (2004) llegan a la conclusión de que el ganado al encontrarse con pasturas heterogéneas pastorea buscando maximizar el consumo. Primero lo hacen seleccionando las especies que más le convienen, segundo respondiendo a las limitaciones de perder tiempo caminando y su relación con maximizar la tasa de consumo.

Los parches altos disminuyen durante los días de pastoreo por efecto del pastoreo selectivo, hecho que encuentra su explicación en la maximización del consumo de materia seca. Esto concuerda con lo reportado por Prache y

Peyraud (2001) quienes mencionan que cuando los costos de búsqueda de forraje son insignificantes, los animales generalmente prefieren parches donde puedan desarrollar una mayor tasa de consumo, enunciado que puede aplicarse especialmente en parcelas pequeñas.

La evolución de la altura indicó una tasa de descenso promedio de 1,23 cm diarios, lo que refleja el alto consumo del ganado y lo intensivas que fueron las condiciones de producción sobre las cuales se planteó el experimento, es decir que se trabajó en parcelas pequeñas durante un periodo de tiempo acotado con alta carga instantánea (13 a 19 animales por parcela de 1,5 hectáreas). Esto quiere decir que en pocos días la altura desciende considerablemente y según Gibb (2006) esta disminución de la altura provocaría un aumento en la tasa de bocado en respuesta a la disminución del tamaño de bocado, aunque este efecto no logra siempre compensar la disminución en altura de forraje y por lo tanto el tamaño de bocado.

El hecho de que la altura general del forraje disminuya con el transcurso de los días de pastoreo afectó el consumo en la sucesión de sesiones de pastoreo. Ha sido reportado que la, disponibilidad y la accesibilidad de las hojas determinan el consumo en cada bocado (Gregorini, 2009). El estado de la pastura cambia al consumirse el forraje, la altura se reduce, la densidad de tallos aumenta y la proporción de lámina decrece, lo que lleva a un menor consumo (Prache y Peyraud, 2001). Esto concuerda con O'Reagain y Schwartz (1995) quienes reportaron que la altura de las plantas en los parches poco utilizados, se redujo linealmente con el incremento en la intensidad de pastoreo, por lo cual se puede concluir que la heterogeneidad de la pastura es producida y mantenida por el ganado y resultó afectada por la intensidad de pastoreo.

La desaparición de materia seca, medida como disminución de los valores del rising plate, a pesar de no mostrar efectos significativos con los tratamientos, fue considerablemente diferente en valores absolutos para el T12 (15 cm) que para T6 (11,5 cm), lo que hace pensar que el consumo es mayor en estos tratamientos. El remanente luego de una semana de pastoreo se mantiene de igual manera en niveles superiores en el T12 en relación a T6 a pesar de la mayor desaparición de materia seca, lo que puede significar además, un rebrote más rápido por un mayor aprovechamiento de la radiación incidente. Cid et al. (1998) reportaron diferencias significativas entre parches, en la altura y en el total de biomasa a lo largo del tiempo entre los parches altos y bajos, antes y después de pastorear, pero estas diferencias no fueron afectadas por la intensidad de pastoreo. Los parches bajos tuvieron en total menos biomasa que los altos tanto antes como después del pastoreo.

En cuanto a la estructura vertical, a escala de parche pasan a ser importantes las características estructurales que los animales prefieren, por ejemplo la relación lamina/vaina, tamaño y distribución de hojas (Silva y Carvalho, 2005). La altura es la principal característica de la pastura que diferenció los parches, no obstante los parches altos cuentan con una mayor relación lamina/vaina explicado por un mayor volumen de láminas, tanto en macollos chicos como en los grandes. Esto significa que los animales al seleccionar estos parches, están consumiendo una mayor cantidad de hojas por bocado de modo de obtener un mayor beneficio energético por el hecho de maximizar el consumo con un menor número de bocados y una dieta superior a la media ofrecida en la parcela. O'Reagain y Schwartz (1995) reportaron que las vacas prefieren las hojas frente a los tallos y el material verde frente al muerto, así como Ogura et al. (2002) encontraron que parches con mucho forraje fueron ventajosos cuando se pastorearon tanto por la cantidad de forraje aportada como por la calidad.

Las características que diferencian a los parches altos, son positivas desde el punto de vista del consumo energético animal, ya que la altura aseguraría un mayor tamaño de bocado y el mayor contenido de lamina asegura una mejor calidad de la dieta, por lo tanto con un menor gasto energético se lograría una alta tasa de consumo energético ya que es proporcionado por forraje de buena calidad. Esto es ratificado por Prache y Peyraud (2001) quienes reportaron que la altura del parche es la principal característica que lo identifica, determinando en un 50% el tamaño de bocado y especialmente la profundidad de bocado.

No obstante, se registró una tendencia a que los parches fueran diferentes en el porcentaje de festuca, el resto de composición química no presentó diferencias. Esto concuerda con Cid y Brizuela (1998) quienes reportaron que las diferencias entre parches altos y bajos en cuanto a composición botánica fueron mínimas. Sin embargo, al mismo tiempo, lo explicado se contradice con ese trabajo dado que ellos además reportan que los parches difieren en biomasa total, biomasa viva y densidad, aspectos que en el presente experimento no resultaron diferentes.

El porcentaje de festuca presentó una tendencia a depender del tipo de parche, siendo mayor en parches altos vs. bajos. A pesar de esta tendencia, se puede decir que los factores más dependientes del tipo de parche son los que tienen que ver con la estructura del mismo. Esto concuerda con lo reportado por Stuth (1991) quien mostró que los hábitats se diferencian por una diferente composición de especies, arreglo espacial y estructura, y que estos pueden ser divididos en parches de composición más homogénea. Esta situación es la que

sucede con los parches en cuanto a su composición botánica, la cual se mantiene constante independientemente del tipo de parche.

La composición botánica y suelo descubierto, no se vieron afectados por el tratamiento y el día de pastoreo. Únicamente el tipo de parche afectó el porcentaje de suelo descubierto. La mayor presencia de suelo descubierto en los parches bajos presentaría dos aspectos negativos ya que está altamente relacionado a una menor producción de forraje pues se logra una menor intercepción de luz. Esto, sumado a la menor altura de los parches se traduciría en un menor tamaño de bocado y por lo tanto en una menor tasa de consumo. Relacionado a esto, Agnusdei y Assuero (2004) reportaron que pasturas con muy bajas poblaciones de macollos, pueden ser causa de limitaciones ambientales, como falta de agua o competencia por nutrientes y que además la proporción de lámina fue mayor en pastoreos menos intensos.

Con el transcurso de los días de pastoreo hay un aumento de suelo descubierto, lo cual resultó más evidente en el T6 (Cuadro 8). En este tratamiento hay una mayor proporción de parches bajos, que son los que más suelo descubierto presentan, es por eso que se parte de valores más altos de porcentaje de suelo descubierto y el aumento proporcional es uno de los mayores.

Cuadro 9. Efecto del día de pastoreo, tratamiento y tipo de parches sobre el porcentaje de suelo descubierto

		% Suelo Descubierto							
Tratamiento	Tipo Parche	Dia							Rel dia7/dia1
		1	2	3	4	5	6	7	
T6	Alto	2,32	1,09	0,47	1,02	1,35	0,42	1,67	0,72
	Bajo	5,95	5,39	8,06	6,77	15,17	9,51	24,73	4,16
T9	Alto	0,00	0,69	0,23	1,20	0,00	0,13	2,74	2,74
	Bajo	2,74	7,29	7,32	7,72	10,82	10,72	17,31	6,30
T12	Alto	0,33	0,00	0,07	2,89	1,54	2,65	1,51	4,53
	Bajo	2,43	0,22	3,36	3,28	5,26	7,62	9,25	3,81

Referencia: T12: tratamiento alto (12 cm altura de remanente), T9 tratamiento medio (9 cm de altura de remanente), T6 tratamiento bajo (6 cm de altura de remanente).

En el T12, en el cual la situación en cuanto a proporciones de parches altos y bajos es prácticamente opuesta en relación al T6, se puede ver cómo a pesar de que en proporción el porcentaje de suelo descubierto aumentó en magnitudes similares, son mucho menores los valores de partida por lo que el promedio final de suelo descubierto al que se llegó es menor. En el T9 se expresaron con una mayor magnitud las diferencias entre los parches altos y bajos, mostrando el valor más alto de aumento relativo de suelo descubierto en los parches bajos. El aumento de la proporción de suelo descubierto puede afectar la persistencia de la pastura, dado que tiene efectos negativos en la eficiencia de producción de forraje y puede favorecer un aumento en el enmalezamiento de la pradera.

No se encontró interacción tratamiento*parche sobre el número de macollos (grandes y chicos) lo cual demuestra que se partió de un punto similar. Es decir que los parches de igual tipo no fueron diferentes en cuanto a la cantidad de macollos grandes y chicos en los distintos tratamientos, lo que elimina toda suposición de que pueda haber algún sesgo en este aspecto entre tratamientos que pueda dar relatividad a la evolución del % de suelo descubierto o festuca para los diferentes tipos de parche.

Por lo tanto, las diferencias que surgieron en estas variables se debieron a las variaciones en la evolución de cada tratamiento a través de los días de pastoreo. El tratamiento no afectó el tiempo de pastoreo. Esto podría estar explicado porque se evaluó el tiempo durante la primer sesión de pastoreo post ordeño.

Las diferencias encontradas entre la interacción tratamiento*parche para el tiempo de pastoreo responden a la proporción que hay de cada tipo de parche en los distintos tratamientos, en su relación con la preferencia. En el T12 hay una mayor proporción de parches altos, por lo que las vacas dedican más tiempo al pastoreo de los mismos para obtener un mayor beneficio energético. Esto podría estar explicado por la relación que a escala de parches se encontró entre altura, el número de bocados y el tiempo de permanencia en los parches y está muy relacionado con lo dicho por Goncalves et al. (2009) quienes observaron que el número de bocados y tiempo en los parches, se incrementa cuadráticamente con la altura de forraje a escala de agregación de parches y puede tener un marcado efecto en las decisiones de pastoreo de los animales.

La duración de la sesión de pastoreo fue mayor en la tarde que en la mañana lo que coincide con Gregorini et al. (2006). Dumont y Gordon (2003) reportaron que los herbívoros colectan información acerca de su ambiente y la

usan para pastorear eficientemente, y que además el comportamiento que estos manifiesten será aquel que le confiere el máximo beneficio al animal pues optimiza las tasas de consumo energético. Dicho esto, se puede hablar de un mejor aprovechamiento por parte de las vacas, las cuales, al conocer los diferentes estados de las pasturas, consumieron durante más tiempo en la tarde una pastura que tendría una mayor concentración de foto asimilados y menor proporción de agua.

Los parches altos representan un mayor beneficio energético para los animales y son los que selecciona el ganado en mayor proporción.

Las vacas no seleccionaron a favor de ninguna especie por sobre otra. Se esperaba encontrar un efecto que demuestre que los animales seleccionaron a favor del trébol en relación a la festuca, lo cual hubiera concordado con lo encontrado por Rutter et al. (2004) quienes reportaron una preferencia del 74% por el trébol blanco con respecto al raigrás y de un 63% cuando la oferta de trébol fue de sólo 25%. Sin embargo, esto no quedó demostrado, tal vez porque la selección a favor de los parches altos fue prioritaria para las vacas en su escala de decisiones y la selección entre especies no llegó a manifestarse.

En lo que refiere a la selección entre parches, los animales explotan la heterogeneidad de los recursos mediante el pastoreo selectivo, eligiendo una dieta que le proporcione un mejor balance energético que el promedio de la vegetación ofrecida (Prache et al., 1997). Para los parches bajos se obtuvieron índices de selección menores a 1 en los tres tratamientos, lo cual indica que, sin importar la proporción de parches bajos que haya en cada tratamiento, no se selecciona a favor de este tipo de estructuras.

6. CONCLUSIONES

Las vacas en pastoreo son generadoras de heterogeneidad en las pasturas. Esta heterogeneidad se manifiesta en un plano horizontal por la distribución de parches de diferentes características y en un plano vertical por la altura y la relación de los componentes estructurales de los parches. Ambos planos son reconocidos por las vacas y tenidos en cuenta para pastorear selectivamente.

Se confirmó que la altura es la principal característica de la pastura que diferenció los parches. Se diferenciaron además por el largo de vainas y la relación lamina/vaina en macollos grandes y chicos, lo que permite suponer que fueron diferentes además en volumen de láminas. En estas características, los parches altos mostraron una situación más beneficiosa para las vacas en cuanto al consumo energético, ya que la altura les asegura un mayor tamaño de bocado y el mayor contenido de lámina asegura una mejor calidad de dieta.

En cuanto a la dinámica del pastoreo, se puede decir que los animales siempre prefieren los parches altos, lo que se fundamenta por un mayor beneficio energético, explicado principalmente por una mejor eficiencia de pastoreo y menos gasto energético en búsqueda y traslados. Las vacas no seleccionaron a favor de ninguna especie por sobre otra.

7. RESUMEN

El presente ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC) durante los meses de octubre y noviembre de 2010 con objetivo de estudiar el patrón de pastoreo, selectividad y dinámica de defoliación de vacas lecheras en pasturas mezcla sometidas a cambios en la intensidad de pastoreo. Se empleó una pastura mezcla de segundo año de *Festuca arundinacea* y *Trifolium repens* y 13 vacas Holando en primer tercio de lactancia por tratamiento, bloqueadas por edad (fueron utilizados animales volantes de similares características). El diseño experimental fue de bloques completos al azar (2 Bloques) con tres tratamientos de altura de remanente de 6 cm (T6), 9 cm (T9) y 12 cm (T12), y misma altura de ingreso al pastoreo (23 ± 7 cm). El pastoreo fue rotativo entre bloques (7 días en cada uno) y se llevó a cabo durante todo el día. Se hicieron determinaciones de altura y cantidad de forraje disponible todos los días (durante el pastoreo con plato), de estructura de los tipos de parches mediante el estudio de panes de tierra (No. macollos totales, chicos y grandes, relación lámina/vaina en seco y verde/seco, y composición de especies), de la dinámica de defoliación mediante mediciones in situ de la pastura para seguir la evolución de los parches (altura, composición botánica y % de suelo descubierto) y además se hicieron determinaciones sobre el tiempo de la primer sesión de pastoreo pos ordeño (matutino y vespertino) con registros de selección de parches cada 5 minutos. Se determinó un índice de selección (IS) de parches como el cociente entre el porcentaje de parches altos o bajos preferidos por el animal y el porcentaje de parches altos o bajos en la pastura. La altura de la pastura y el día de pastoreo afectaron el porcentaje de parches. La tasa de descenso de los parches altos durante los primeros 5 días de pastoreo fue del 10,7 % diario. La distribución de parches resultó diferente según el tratamiento. La altura disminuye en todos los tratamientos y en ambos tipos de parches a una tasa media de 1,23 cm diarios. Los diferentes tratamientos presentaron cambios en el porcentaje de parches altos y bajos y a su vez los más preferidos fueron los altos. En todos los tratamientos los parches altos resultaron diferentes de los bajos. El tipo de parche afectó la altura, relación lámina/vaina de los macollos chicos, y el largo de vaina de los macollos chicos y grandes. El tiempo de pastoreo y el IS fue afectado por la interacción tratamiento* parche. En cuanto al turno de pastoreo, se vio que en la mañana la duración promedio del mismo fue de 26 minutos ($\pm 3,0$ minutos) mientras que en la tarde fue de 39 ($\pm 3,0$ minutos).

Palabras clave: Caracterización de parches de pastoreo; Índice de selección; Dinámica de desaparición de la pastura; Altura de remanente; Estrategia de pastoreo; Comportamiento animal en pastoreo de vacas lecheras.

8. SUMMARY

This experiment was carried out in the Estación Experimental Mario a. Cassinoni (EEMAC) during both October and November, 2010. The objective was to study the grazing pattern, selectivity and defoliation dynamics of dairy cows on mixed pasture induced to changes in grazing intensity. It has been used a two year pasture composed of a mixture of *Festuca arundinacea* and *Trifolium repens* and also 13 Holando cows in their first third of their lactation period per treatment, stocked by age (there were also used padding animals of similar characteristics). The experimental design was of completely random blocks (2 blocks) with three treatments of remnant height of 6 cm (T6), 9 cm (T9) and 12 cm (T12), with the same height for the grazing admission (23 ± 7 cm). The grazing management is rotational in between the blocks (7 days each). Determinations were made of height and amount of available forage every day (made with rising plate), of structure of the patches types by the study of land squares (total number, number of big and small tillers, sheet/sheath on dry and green/dry ratio, and species composition), of the defoliation dynamics by in situ measurements of the pasture in order to follow the evolution of the patches (height, botanical composition and % of bare soil) and also on the duration time of the first grazing session after milking (morning and afternoon) with records of patches selection every 5 minutes. It was established the patches selection index as the ratio between the percentage of high or low patches preferred by the animal and the percentage of these patches on the pasture. Pasture height and grazing day affected the patches percentage. The falling rate of patches height during the first 5 days of grazing was of 10.7% daily. Patches distribution of was different depending on the treatment. Pasture height decreases in every treatment and on both types of patches by an average rate of 1, 23 cm per day. Different treatments showed changes in the percentage of high and low patches and the most chosen by the cows were the high patches. High patches were different from the low patches in every treatment. The type of patch affected the height, the lamina / sheath relationship of small tillers, and the length of sheath of small and big tillers. The duration of the grazing time of and the selection index was affected by the treatment * patch interaction. Related to the duration grazing session, in the morning the average was of 26 minutes (± 3.0 minutes) while in the afternoon it was of 39 (± 3.0 minutes).

Keywords: Characterization of grazing patches; Selection index; Disappearance dynamics on pastures; Remnant height; Grazing strategy; Animal behavior in grazing dairy cows.

9. BIBLIOGRAFIA

1. AGNUSDEI, M.G.; ASSUERO, S.G. 2004. Leaf tissue flows under grazing and sward structure of different temperate forage grasses in the humid pampas of Argentina. In: Symposium in Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology (2o., 2004, Curitiba, Paraná). Proceedings. Annals of Botany. 100: 810-820.
2. BRERETON, A.J.; HOLDEN, N.M.; MCGILLOWAY, D.A.; CARTON, O.T. 2004. A model describing the utilization of herbage by cattle in a rotational grazing system. Grass and Forage Science. 60: 367-384.
3. BURNS, J.C.; CHAMBLEE, D.S. 1979. Adaptation. In: Buckner, R.C.; Bush, I.P. eds. Tall fescue. Madison, WI, ASA/CSSA/SSSA. pp. 9-30 (Monograph no. 20).
4. CASAL, J.J.; SANCHEZ, R.A.; DEREGIBUS, V.A. 1987. Tillering responses of *Lolium multiflorum* plants to changes of red/far red ratio typical of sparse canopies. Journal of Experimental Botany. 38: 1432–1433.
5. CHAPMAN, D.F.; PARSONS, A.J.; COSGROVYE, G.P.; BARKER, D.J.; MARROTTI, D.M.; VENNING, K.J.; RUTER, S.M.; HILL, J.; THOMPSON, A.N. 2007. Impacts of spatial patterns in pasture on animal grazing behavior, intake, and performance. Crop Science. 47: 399-415.
6. CHARNOV, E.L. 1976. Optimal foraging; the marginal value theorem. Theoretical Population Biology. 9:129-36.
7. CHILIBROSTE, P.; IBARRA, D.; ZIBIL, S.; LABORDE, D. 2003. Proyecto alimentación reproducción; informe final 2002. Montevideo, CONAPROLE. 28 p.
8. CID, M.S.; BRIZUELA, M.A. 1998. Heterogeneity in tall fescue pastures created and sustained by cattle grazing. Journal of Range Management. 51(6): 644-649.
9. CRAWLEY, M.J. 1983. Herbivory; the dynamics of animal-plant interaction. Berkeley, University of California . 569 p.
10. DEREGIBUS, V.A.; SANCHEZ, R.A.; CASAL, J.J. 1983. Effects of Light quality on tiller production in *Lolium* ssp. Plant Physiology. 72: 900-912.

11. DUMONT, B.; CARRÉRE, P.; D' HOUR, P. 2002. Foraging in patchy grasslands: diet selection by sheep and cattle is affected by the abundance and spatial distribution of preferred species. *Animal Research*. 51(05):367-381.
12. _____.; GORDON, I.J. 2003. Diet selection and intake within sites and across landscapes. *In*: International Symposium on the Nutrition of Herbivores (6th., 2003, Merida). Proceedings. Mexico, s.e. pp. 175-194.
13. DURÁN, H. 2004. Cambios tecnológicos e intensificación en los sistemas pastoriles de producción de leche en Uruguay. Montevideo, INIA. pp. 115-122 (Serie Técnica no. 361).
14. FARRUGGIA, A.; DUMONT, B.; D' HOUR, P; EGAL, D.; PETIT, M. 2006. Diet selection of dry and lactating beef cows grazing extensive pastures in late autumn. *Grass and Forage Science*. 61: 347-353.
15. FORMOSO, F. 2010. Festuca arundinácea, manejo para producción de forraje y semillas. Montevideo, INIA. 192 p. (Serie Técnica no. 182).
16. FULKERSON, W. J.; DONAGHY, D.J. 2001. Plant soluble carbohydrate reserves and senescence – key criteria for developing an effective grazing management system for ryegrass based pasture; a review. *Australian Journal Experimental Agriculture*. 41: 261-275.
17. GAUTIER, H.E.L.E.; VARLET-GRANCHER, C.L.A.U.; HAZARD, L.A.U.R. 1999. Tillering responses to the light environment and to defoliation in populations of perennial ryegrass (*Lolium perenne*L.) Selected for contrasting leaf length. *Annals of Botany*. 83: 423-429.
18. GIBB, M. 2006. Grassland management with emphasis on grazing behaviour. *In*: Dijkstra, J.; Tamminga, S.; Elgersma, A. eds. Fresh herbage for dairy cattle. s.n.t. pp. 141-157.
19. GONCALVES, E.N.; CARVALHO DE FACCI, P.C.; DEVINCENZI, T.; LAZZAROTTO, M.; KELLERMANN DE FREITAS, F.; ÁVILA, A.V. 2009. Relações planta-animal em ambiente pastoril heterogêneo: padrões de deslocamento e uso de estações alimentares. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 38 (11): 2121-2126.
20. GREGORINI, P.; GUNTER, S.A.; BECK, P. A.; CALDWELL, J.; BOWMAN, M. T.; COBLENTZ, W. K. 2009. Short-term foraging

dynamics of cattle grazing swards with different canopy structures. *Journal of Animal Science*. 87(11):3817-3824.

21. HIRATA, M. 2002. Herbage availability and utilisation in small-scale patches in a bahia grass (*Paspalum notatum*) pasture under cattle grazing. *Tropical Grasslands*. 36: 13-23.
22. HODGSON, J. 1979. Nomenclature and definitions in grazing studies. *Grass and Forage Science*. 34: 11 – 18.
23. HODSON, J.G.; ILLIUS, A.W. 1996. The ecology and management of grazing systems. London, UK, CABI. pp. 429-455.
24. KEMP, P.D.; TAVAKOLI, H.; HODGSON, J. 2001. Physiological and morphological responses of tall fescue and perennial ryegrass to leaf defoliation. *In*: Australian Agronomy Conference (10th., 2001, Hobart, Tasmania). Proceedings. Tasmania, s.e. s.p.
25. LACA, E.A.; UNGAR, E.D.; SELIGMAN, N.; DEMMENT, M.W. 1992. Effects of sward height and bulk density on bite dimensions of cattle grazing homogeneous swards. *Grass and Forage Science*. 47: 91-102.
26. _____; LEMAIRE, G. 2000. Measurement sward structure. *In*: Mannetje, L.; Jones, R.M. eds. Field and laboratory methods for grassland and animal production research. Wallingford, CAB International. pp. 103-121.
27. _____. 2009a. New approaches and tools for grazing management. *Rangelands and Ecology Management*. 62:407-417.
28. _____. 2009b. Resource heterogeneity and foraging behaviour of cattle across spatial scales. *BioMed Central Ecology*. 9: 9.
29. LEMAIRE, G.; AGNUSDEI, M. 2000. Leaf tissue turn-over and efficiency of herbage utilization. *In*: International Symposium of Grassland Ecophysiology and Ecology 1999. Anais, Curitiba, Brasil. CAB International. pp. 265-287.
30. _____. 2001. Ecophysiology of grasslands; dynamic aspects of forage plant population in grazed swards. *In*: International Grassland Congress (19º, 2001, Piracicaba, Brasil). Proceedings. Piracicaba, Brasil. Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz". pp. 29-38.

31. MCGILLOWAY, D.A.; CUSHNAHAN, A.; LAIDLAW, A.S.; MAYNE, C.S.; KILPATRICK, D.J. 1999. The relationship between level of swards height reduction in a rotationally grazed swards and short-term intake rates of dairy cows. *Grass and Forage Science*. no. 54: 116-126.
32. MATCHES, A.G. 1968. Performance of four pasture mixtures defoliated by mowing or grazing with cattle or sheep. *Agronomy Journal*. 60: 281–285.
33. MATTHEW, C.; ASSUERO, S.G.; BLAK, C.K.; SACKVILLE HAMILTON, N.R. 2000. Tiller dynamics of grazed swards. *In*: Lemaire, G.; Hodgson, J.; de Moraes, A.; Carvalho, P.C. de F.; Nabinger, C. eds. *Grassland ecophysiology and grazing ecology*. Wallingsford, UK, CABI. pp. 127-150.
34. MAZZANTI, A.; LEMAIRE, G. 1994. Effect of nitrogen fertilization on herbage production of tall fescue continuously grazed by sheep. *Grass and Forage Science*. 49: 352-359.
35. MOTT, J.J 1985. The effect of fire on the population dynamics of native grasses in tropical savannas of north-west Australia. *Proceedings of the Ecological Society of Australia*. 13: s.p.
36. OGURA, S.; HASEGAWA, H.; HIRATA, M. 2002. Effects of herbage mass and herbage quality on spatially heterogeneous grazing by cattle in a bahia grass (*Paspalum notatum*) pasture. *Tropical Grasslands*. 36: 172- 179.
37. O'REAGAIN, P.J. SCHWARTZ, J. 1995. Dietary selection and foraging strategies of animals on rangeland. *In*: International Symposium on the Nutrition of Herbivores (4th., 1995, Paris). *Proceedings*. Paris, INRA. s.p.
38. PARSONS, A.J.; THORNLEY, J.H.M.; NEWMAN, J.A.; PENNING, P.D. 1994. A mechanistic model of some physical determinants of intake rate and diet selection in a two-species temperate grassland sward. *Functional Ecology*. 8: 187–204.
39. _____.; CHAPMAN, D.F. 2000. Grass; its production and utilization. 3th. ed. Devon, UK, Institute of Grassland and Environmental Research. cap. 3, pp. 31-89.

40. _____.; SCHWINNING, S.; CARRÉRE, P. 2001. Plant growth functions and possible spatial and temporal scaling errors in models of herbivory. *Grass and Forage Science* 56(1): 21-34
41. PRACHE S.; ROGUET C.; LOUAULT F.; PETIT M. 1997. Diet selection of dry ewes between vegetative and reproductive tillers during the grazing down of a cocksfoot sward. *In: Research Conference (5th, 1997, Seale Hayne). Proceedings. Plymouth, UK, University of Plymouth. Faculty of Agriculture, Food and Land Use. pp. 55-56.*
42. _____.; PEYRAUD, J. 1997. Préhensibilité de l'herbe pâturée chez les bovines et les ovins. *Productions Animales*. 10 (5): 377-390.
43. _____.; _____. 2001. Foraging behaviour and intake in temperate cultivated grasslands. *In: International Grassland Congress (19th, 2001, São Pedro, Brasil). Proceedings. s.n.t. pp. 309-319.*
44. RING, C.B.; NICHOLSON, R.A.; LAUNCHBAUGH, J.L. 1985. Vegetational traits of patch-grazed rangelands in west central Kansas. *Journal of Range Management*. 38: 51-55.
45. RUTTER, S. M.; ORR, R. J.; YARROW, N. H. 2004. Dietary preference of dairy heifers grazing ryegrass and white clover, with and without an anti-bloat treatment. *Applied Animal Behaviour Science*. 85: 1-10.
46. SALDANHA, S. 2010. Efecto de la intensidad del pastoreo sobre la estructura de una pastura de *Lolium Perenne* cv Horizon. Tesis Maestría. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 97 p.
47. SAS INSTITUTE. 2002. SAS/STAT user's guide; version 9.1. Cary, NC. p. 12
48. SOCA, P.; CHILIBROSTE, P.; CASTELLS, A.; CASTELLS, A.; MARCHESI, C.; DE, A. 2004. Efecto de la intensidad de pastoreo sobre la producción de forraje, capacidad de carga y performance de vacunos en crecimiento bajo pastoreo de festuca arundinacea cv quantum. *In: Congreso de la Asociación Argentina de Producción Animal (29º, 2006, Mar del Plata, Argentina). Trabajos presentados. Revista Argentina de Producción Animal*. 26: s.p.
49. SODER, K. J.; ROOK, A. J.; SANDERSON, M. A.; GOSLEE, S. C. 2007. Interaction of plant species diversity on grazing behavior and performance of livestock grazing temperate region pastures. *Crop Science*. 47: 416-425.

50. STUTH J. 1991. Foraging behavior. In: Heitschmidt, R.; Stuth, J. eds. Grazing management; an ecological perspective. Oregon, Timber Press. pp. 85-108.
51. TAVAKOLI, H.; HODGSON, J.; KEMP, P.D. 1993. Response to defoliation of tall fescue. In: International Grassland Congress (17th., 1993, Rockhampton). Proceedings. Rockhampton, Australia, s.e. pp. 155-156.
52. URUGUAY, MINISTERIO DE GANADERIA AGRICULTURA Y PESCA, DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES ECONOMICAS AGROPECUARIAS. 2010. Anuario estadístico 2010. Superficie de mejoramiento de pasturas, según especialización productiva de las explotaciones, periodo 2003-2009. Montevideo. p. 30.
53. UTSUMI, S. A.; CANGIANO, C.A.; GALLI, J.R.; McEACHERN, M.B.; DEMMENT, M.W.; LACA, E.A. 2009. Resource heterogeneity and foraging behaviour of cattle across spatial scales. BMC Ecology. 9: 9.
54. WADE, M.H.; AGNUSDEI, M. 2001. Morfología y estructura de las especies forrajeras y su relación con el consumo. Río Cuarto, Universidad Nacional de Río Cuarto. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Argentina. 7 p.
55. WHITEHEAD, H. 1995. Investigating structure and temporal scale in social organizations using identified individuals. Behavioral Ecology and Sociobiology. 6: 199–208.